

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-190946

(43)Date of publication of application : 28.07.1995

(51)Int.Cl.

G01N 21/88  
H01L 21/66

(21)Application number : 06-272519

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 07.11.1994

(72)Inventor : OGURI SHIGEHISA  
INUZUKA EIJI  
SUZUKI YASUSHI  
NAGATA WATARU  
HIRUMA YASUSHI

(30)Priority

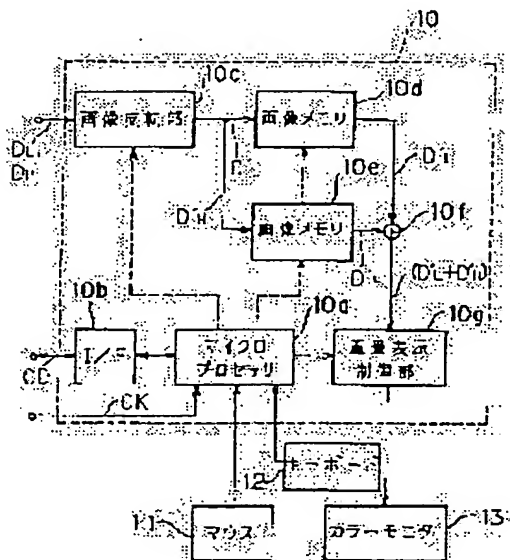
Priority number : 05286820 Priority date : 16.11.1993 Priority country : JP

## (54) INSPECTION SYSTEM FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To specify a point where an abnormality has occurred at high accuracy by picking up the image of a semiconductor device from the rear side thereof, a pattern image and the image of quite weak light from a point where an abnormality has occurred, and displaying the images while superposing as an image equivalent to that observed from the surface of the semiconductor device.

CONSTITUTION: A semiconductor device is irradiated, on the rear side thereof, with infrared light and the transmitted and reflected lights are passed through an optical image pickup system and picked up by a CCD camera which picks up a circuit pattern formed on the surface of a chip from the rear side thereof. A pixel data is then inverted at an image inverting section 10c to produce a pixel data DH which is stored in an image memory 10e. Upon occurrence of an abnormality on a semiconductor chip, a quite weak light is emitted therefrom and picked up by means of the camera in low speed mode. The pixel data thus picked up is then inverted at the inverting section 10c to produce a pixel data DL' which is stored in an image memory 10d. The data DH' and DL' are added at an adder circuit 10f in order to form a video signal at a superposed display control section 10g and an image, where the weak light is superposed on the circuit pattern, is presented on a color monitor 13.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3478612

[Date of registration] 03.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-190946

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 21/88	E	7172-2 J		
H 0 1 L 21/66	J	7630-4 M		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-272519

(22) 出願日 平成6年(1994)11月7日

(31) 優先権主張番号 特願平5-286820

(32) 優先日 平5(1993)11月16日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 小栗 茂久

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 犬塚 英治

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者 鈴木 康司

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

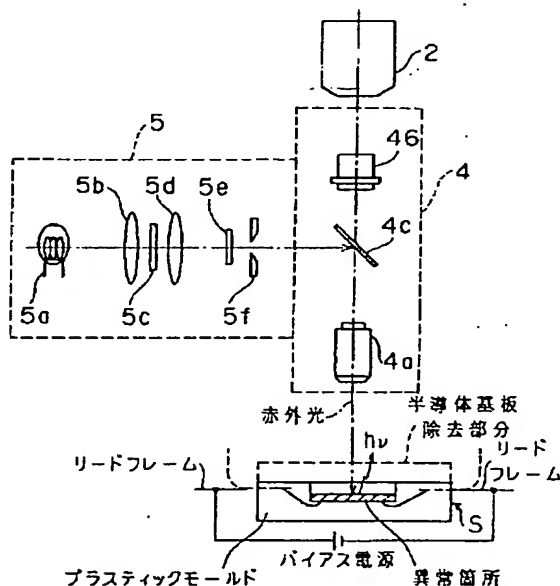
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体デバイス検査システム

(57) 【要約】

【目的】 半導体デバイスの異常箇所を鮮明に撮像することができる半導体デバイス検査システムを提供する。

【構成】 半導体デバイスを裏面側から撮像することとし、まず、赤外落射照明下で撮像して得られる画素データを左右反転した像に相当する第1の左右反転画素データに変換して記憶しておき、次に、無照明下で、半導体デバイスにバイアスなどを印加したときに異常箇所から発生する極微弱光を撮像すると共に、その極微弱光の像の画素データを左右反転した像に相当する第2の左右反転画素データに変換し、第1、第2の左右反転画素データを重畳加算することによって、半導体デバイス内のチップパターン像に異常箇所の像をスーパーインポーズして表示する。そして、上記赤外落射照明は、赤外域まで延びる広波長帯域の光を放射する光源からの該光を、測定すべき半導体デバイスと同材質からなる光学フィルタに通すことによって、照明用の赤外光を形成するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体デバイスの裏面側を撮像する撮像手段と、

照明光源から放射された赤外域まで延びる広波長帯域の光を、前記半導体デバイスと同材質からなる光学フィルタに通すことによって、前記半導体デバイスの裏面側を照明する赤外域の光を形成する赤外落射照明手段と、前記撮像手段が前記赤外落射照明手段による照明下で前記半導体デバイスの裏面側を撮像することによって出力する画素データの画素単位の配列を左右反転させて第 1 の左右反転画素データを作成すると共に、無照明下で前記撮像手段が半導体デバイスの異常箇所から生じる極微弱光の像を撮像することによって出力する画素データの画素単位の配列を左右反転させて第 2 の左右反転画素データを作成する画像反転手段と、前記画像反転手段で作成された前記第 1 の左右反転画素データと第 2 の左右反転画素データとを画素配列を一致させて重畳加算して出力する加算手段と、前記加算手段から出力される重畳加算データに基づいて表示手段に再生画像を表示させる重畳表示制御手段と、を備えることを特徴とする半導体デバイス検査システム。

【請求項 2】 前記光学フィルタは前記半導体デバイスと同材質のシリコンフィルタであることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体デバイス検査システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体デバイスの異常発生解析や信頼性評価などに供される半導体デバイス検査システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、VLSI などの半導体デバイスの高集積化に伴い、半導体チップに形成されている内部回路などの異常解析や信頼性評価を行うことの困難性が益々増大してきている。

【0003】 このような現状において、半導体デバイスの異常箇所から発生する極めて微弱な光（以下、極微弱光という）を検出することにより異常箇所を突き止める解析技術が注目され、この解析技術を適用した半導体デバイス検査装置として、エミッション顕微鏡が知られている。

【0004】 エミッション顕微鏡は、半導体デバイス内部の異常箇所に電界が集中したときに生じるホットキャリアに起因して発生する極微弱光や、ラッチアップなどに起因する赤外域の極微弱光を高感度で撮像するので、被検査半導体デバイスを非接触且つ高精度で測定することができるという優れた機能を有する。

【0005】 ところが、エミッション顕微鏡は、可視ないし赤外域の発光を検出するものであるもので、極微弱光の発生箇所とエミッション顕微鏡との間になんらかの遮

蔽物が存在すると、測定不能となる問題がある。具体例としては、図 7 に示す半導体デバイスのように、高集積化を図るために、膨大な数のトランジスタなどの素子間接続を表面側の多層配線で行うチップ構造が適用されるようになったことから、多層配線下の素子の異常に起因して発生した極微弱光が多層配線によって遮られてしまい、半導体デバイスの表面側からでは、測定不能若しくは高精度の測定ができないなどの問題を招来する。又、リードオンチップ（Lead On Chip）と呼ばれるパッケージング構造が適用された半導体デバイスにあつては、半導体チップの表面側をリードフレームが覆う構造となっているので、多層配線の場合と同様に、リードフレームが遮蔽物となって極微弱光を遮断してしまい、測定不能若しくは高精度の測定ができない。

【0006】 更にエミッション顕微鏡を適用した他の問題点として、例えば、図 8 に示すように、プラスチックモールドの表面側を発煙硝酸などで化学的に除去することによって、内部の半導体チップの表面を露出させ、更に、リードフレームに所定のバイアス電源を接続することによって半導体チップの内部回路に電力を供給したときに異常箇所から発生する極微弱光  $h\nu$  を半導体チップの表面側から観測する方法が知られている。しかし、発煙硝酸などで化学的に除去すると、半導体チップ内の回路パターンなどに損傷を与え、本来観測すべき異常箇所を観測できないという問題を招来する。

【0007】 そこで、このようなエミッション顕微鏡の問題点を解決するために、半導体デバイス検査システム（特願平 5-177957 号）が開発された。この検査システムは、半導体デバイスの裏面側、即ち、半導体チップにおける多層配線などの遮蔽物が形成されていない裏面側（基板側）を赤外落射照明手段にて照明しつつその反射光像を撮像し、更に、無照明下で半導体デバイスの異常箇所から生じる極微弱光の異常光像を撮像して、これらの反射光像の左右反転画像と異常光像の左右反転画像とを重畳加算することによって、半導体デバイスの表面側から撮像したのと等価な観測画像を得るようにしている。即ち、上記の赤外線落射照明による撮像時には、赤外線が半導体チップ内（基板内）を透過し且つ反射するので、半導体チップに形成されている配線パターンなどを裏面側から透視撮像することができ、更に、これによって得られる反射光像を左右反転画像に変換することで、配線パターンなどを表面側から見たのと等価な第 1 の画像を得ることができる。一方、無照明下での撮像時には、半導体チップ内で生じる極微弱光の光像を裏面側から撮像することができ、更に、これによって得られる異常光像を左右反転画像に変換することで、極微弱光の光像を表面側から見たのと等価な第 2 の画像を得ることができる。そして、これら表面側から見たのと等価な第 1、第 2 の画像同士を重畳加算することによって、配線パターン中の異常箇所を特定する観測画像を得るこ

とができる。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような従来の半導体デバイス検査システムを更に改良することを目的とし、特に、赤外落射照明下での反射光像をより鮮明に裏面撮像すると共に、無照明下での極微弱光の光像をより鮮明に裏面撮像することを目的とする。

【0009】更にかかる課題を詳述すれば、一般的な赤外落射照明は、光源としてのハロゲンランプと光学的バンドパスフィルタとを組み合わせ、ハロゲンランプから出射された光のうち所望の波長帯域の赤外光のみを光学的バンドパスフィルタから出射させる構成となっている。例えば、シリコン半導体デバイスを透過撮像する場合には、シリコン基板のバンドギャップエネルギー（約  $1.1\text{ eV}$ ）に相当する吸収端波長（約  $1100\text{ nm}$ ）よりも長波長の赤外光が得られる光学的バンドパスフィルタを適用することによって、シリコン半導体デバイスにおける透過率の向上を図り、ひいては鮮明な反射光像を得るようにしている。

【0010】しかし、このハロゲンランプ自体は赤外域でも高精度の光を出射するものの、一般的に、光学的バンドパスフィルタの透過特性は、ある特定波長での透過率が最大となりその両側帯域での透過率が減少するという、いわゆる三角形の透過特性を有するので、光学的バンドパスフィルタから出射される赤外光は、半導体デバイスに対して最大透過率が得られるものとはならない。即ち、所望の波長帯域にわたって高強度の赤外光を得ることができない。また、半導体デバイスを透過し且つ反射してきた反射光像の波長帯域と、この反射光像を撮像するための撮像デバイスの分光特性が一致しないために、十分な撮像感度が得られない。

【0011】また、半導体チップの基板を可能な限り薄く研磨することによって、赤外光の基板内での減衰を低減して、反射光像の光強度を高く維持することが考えられるが、損傷なく半導体チップを薄く研磨することは極めて煩雑且つ困難である。また、たとえ薄く研磨することができたとしても、基板から反射されてくる反射光像と、拡大撮像するために設けられている対物レンズの焦点深度の深さによる研磨表面の像とが重なってしまい、鮮明な反射光像を撮像することができないなどの問題がある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、本発明の半導体デバイス検査システムは、半導体デバイスの裏面側を赤外域の光で照明する赤外落射照明手段と、半導体デバイスの裏面側を撮像する撮像手段と、前記撮像手段が前記赤外落射照明手段による照明下で前記半導体デバイスの裏面側を撮像することによって出力する画素データの画素単位の配列を左右反転させて第1の左右反転画素データを作成すると共に、無照明

下で前記撮像手段が半導体デバイスの異常箇所から生じる極微弱光の像を撮像することによって出力する画素データの画素単位の配列を左右反転させて第2の左右反転画素データを作成する画像反転手段と、前記画像反転手段で作成された前記第1の左右反転画素データと第2の左右反転画素データとを画素配列を一致させて重畳加算して出力する加算手段と、前記加算手段から出力される重畳加算データに基づいて表示手段に再生画像を表示させる重畳表示制御手段とを備え、上記赤外落射照明手段は、赤外域まで延びる広波長帯域の光を放射する光源からの該光を、前記測定すべき半導体デバイスと同材質からなる光学フィルタに通すことによって、照明用の赤外光を形成するようにした。

#### 【0013】

【作用】かかる構造を有する本発明の赤外線半導体デバイス検査システムにあつては、測定すべき半導体デバイスをその裏面から撮像すると共に、パターン像と異常発生箇所からの極微弱光の像を撮像し、表面から観測したのと等価な像としてスーパーインポーズ表示するので、表面側にアルミニウム配線のような光を遮蔽する物体が存在していても、異常発生箇所の特特定で高精度で実現する。更に、裏面側から撮像した極微弱光の像を表面から観測したのと等価な像にリアルタイムで変換して表示するので、異常発生解析を短時間に行うことができる。

【0014】更に、測定すべき半導体デバイスと同材質からなる光学フィルタを適用して照明用の赤外光を形成するようにしたので、その半導体デバイスに対して透過率の高い赤外光が得られ、半導体デバイスの表面で反射し易い短波長の光が遮断される結果、雑音成分やオフセット成分の少ない鮮明な反射光像を撮像することができる。

【0015】典型例として、シリコン半導体から成る半導体デバイスを測定するために、それと同じ材質のシリコンフィルタを光学フィルタに適用するものとするれば、シリコンフィルタの吸収端波長は、シリコンのバンドギャップエネルギー（約  $1.1\text{ eV}$ ）に相当する波長（約  $1100\text{ nm}$ ）であるので、この吸収端波長より短波長の光が除去されそれより長波長の赤外光が半導体デバイスに照射されることとなり、この赤外光の波長帯域と半導体デバイスの透過感度域が一致する結果、高感度の撮像を実現することができる。

#### 【0016】

【実施例】以下、本発明による赤外線半導体デバイス検査システムの一実施例を図面と共に説明する。まず、この実施例の全体構成を図1に基づいて説明すると、この半導体デバイス検査システムは、暗箱1を有する観測部Aと、暗箱1内に設置される冷却CCDカメラ2その他の構成要素を制御するための制御部Bと、冷却CCDカメラ2から出力される画像信号を上記の制御部Bを介して入力して所定の画像処理を行う解析部Cとを具備して

いる。

【0017】外部からの光の入射を遮断する暗箱1内には、測定対象である半導体デバイスSを載せてXYZ座標方向へ移動させることにより半導体デバイスSを位置決めする電動XYZステージ3と、電動XYZステージ3に対向配置されると共に半導体デバイスSからの像を所定範囲内での任意倍率で拡大などする撮像光学系4と、撮像光学系4を通過した像を撮像する冷却CCDカメラ2と、撮像光学系4を介して半導体デバイスSに落射照明用の赤外光を照射する赤外線落射照明装置5と、電動XYZステージ3に給電することによって駆動制御するステージ駆動部6と、半導体デバイスSを作動させるための電力供給や制御信号などの供給を行うためのテストフィクスチャ7と、これら制御信号などの供給をテストフィクスチャ7に指令するためのコネクタパネル8が備えられている。

【0018】次に、撮像光学系4及び赤外線落射照明装置5の構成を図2に基づいて詳述する。撮像光学系4は、半導体デバイスSからの像を所定範囲内での任意の倍率で拡大することができる対物レンズ系4aと、この対物レンズ系4aで拡大された像を冷却CCDカメラ2の受光面に結像させるための結像レンズ系4bと、対物レンズ系4aないし結像レンズ系4bの間に介在されたハーフミラー4cとを有し、これらの対物レンズ系4aとハーフミラー4c及び結像レンズ系4bの光軸が、冷却CCDカメラ2の受光面の中心の法線方向に一致している。尚、ハーフミラー4cは、対物レンズ系4aからの像を結像レンズ系4bへ透過させると共に、赤外線落射照明装置5からの照明用赤外光を対物レンズ系4a側へ反射させる。

【0019】赤外線落射照明装置5は、光源であるハロゲンランプ5aを備えると共に、ハロゲンランプ5aから放射される光から照明用赤外光を形成してハーフミラー4cへ出射するための、コンデンサレンズ5b、透過型光学フィルタ5c、コンデンサレンズ5d、拡散板5e、及び視野絞り5fが同一光軸に沿って設けられている。即ち、ハロゲンランプ5aから放射された光はコンデンサレンズ5bで平行光となり、光学フィルタ5cが平行光のうち所定波長以上の赤外光だけを透過し、コンデンサレンズ5dがこの赤外光をその焦点位置に集光する。拡散板5eはコンデンサレンズ5dの焦点位置に配置されており、集光した赤外光を均一に変換し、更に、視野絞り5fが、均一化された赤外光を所定光束に絞ってハーフミラー4cへ出射する。

【0020】尚、この実施例では、光学フィルタ5cは、測定すべき半導体デバイスSがシリコン半導体により形成されているのに対応して、半導体デバイスSと同材質の透過型光学フィルタが適用されている。そして、視野絞り5fから出射された赤外光はハーフミラー4cで反射されて対物レンズ4aを透過し、半導体デバイス

Sへ照射される。

【0021】次に、冷却CCDカメラ2及び制御部Bの構成を図3に基づいて説明する。まず、冷却CCDカメラ2は、例えば、1000×1018個の画素を有するCCD固体撮像デバイス2aと、CCD固体撮像デバイス2aに固着されたペルチェ素子2bを備え、これらのCCD固体撮像デバイス2aとペルチェ素子2bは真空ポンプ（図示せず）によって常に真空状態に設定された真空雰囲気中に収容されている。更に、CCD固体撮像デバイス2aの受光面（結像レンズ系4bによる結像面と一致する）の前方には、シャッタ機構2cが配設されている。そして、CCD駆動回路2dが、制御部B内のタイミングジェネレータ9bから供給される同期信号CKに同期してCCD固体撮像デバイス2aの撮像動作を制御し、シャッタ駆動回路2eが、マイクロプロセッサなどを有する中央処理部9aからの指令に基づいて、シャッタ機構2cの開閉動作を制御し、更に、ペルチェ素子2bが制御部内のペルチェ素子制御回路9cから供給される電流によって駆動されることにより、CCD固体撮像デバイス2aを常に一定温度で冷却して、内部での暗電流の発生を抑制すると同時に、冷却CCDカメラ2全体での熱雑音の発生を抑制する。尚、この冷却CCDカメラ2は、長い露光時間で撮像して低周波数の点順次タイミングでCCD固体撮像デバイス2aから各画素信号PLを読み出す低速撮像モードと、それより短い露光時間で撮像して高周波数の点順次タイミングでCCD固体撮像デバイス2aから各画素信号PHを読み出す高速撮像モードとを切換え設定することができ、低速撮像モードでは、1フレーム周期（1静止画像分の全画素信号を読み出すための周期）が4秒、高速撮像モードでは、0.125秒に設定されている。

【0022】一方、制御部Bは、観測部Aと制御部Bとの全体動作を制御する中央処理部9aと、CCD駆動回路2dを介してCCD固体撮像デバイス2aの上記低速撮像モード及び高速撮像モードでの撮像タイミングを設定するための同期信号CKを発生するタイミングジェネレータ9bと、ペルチェ素子2bを温度制御するペルチェ素子制御回路9cと、観測部Aと制御部Bとの全体動作に必要な電力供給源9dが設けられている。

【0023】更に、制御部Bには、低速撮像モードにおいてCCD固体撮像デバイス2aから所定の点順次タイミング（1画素毎の読出しタイミング、以下、低速点順次タイミングという）で読み出される画素信号PLをその低速点順次タイミングに同期してサンプルホールドする低速走査回路9eと、高速撮像モードにおいてCCD固体撮像デバイス2aから所定の点順次タイミング（以下、高速点順次タイミングという）で読み出される画素信号PHをその高速点順次タイミングに同期してサンプルホールドする高速走査回路9fと、CCD固体撮像デバイス2aから読み出される上記の画素信号PL、PH

を、撮像モード毎に切換えて低速走査回路 9 e 並びに高速走査回路 9 f へ転送する切換回路 9 g を具備している。

【0024】更に、コントラスト強調回路 9 h は、高速撮像モードにおいて高速走査回路 9 f より出力される画素信号  $P_H$  から不要な信号成分を除去した後、所定増幅率で増幅することによってコントラストの高い画素信号  $H P_H$  を形成する。即ち、高速走査回路 9 e から出力される画素信号  $P_H$  の振幅のうち、しきい値電圧  $V_{TH}$  よりも低レベルに在る雑音成分及びオフセット成分を除去して、真の画素信号の振幅成分だけを増幅することによって、コントラストの高い画素信号  $H P_H$  を出力する。尚、上記しきい値電圧  $V_{TH}$  は、観測者が任意に可変調整することができるようになっている。

【0025】そして、低速撮像モードにおいて低速走査回路 9 e から出力されるアナログの画素信号  $P_L$  を、A/D変換器 9 i がデジタルの画素データ  $D_L$  に変換し、一方、高速撮像モードにおいてコントラスト強調回路 9 h から出力されるアナログの画素信号  $H P_H$  を、A/D変換器 9 j がデジタルの画素データ  $D_H$  に変換し、これらの画素データ  $D_L$ 、 $D_H$  は共通の出力端子 9 k を介して解析部 C へ転送される。

【0026】更に、低速走査回路 9 e と高速走査回路 9 f の上記サンプルホールドタイミングは、タイミングジェネレータ 9 d から出力される同期信号  $CK$  に同期するので、低速撮像モード並びに高速撮像モードにおける CCD 固体撮像デバイス 2 a の各点順次読出しタイミングとも同期する。また、画素データ  $D_L$ 、 $D_H$  を解析部 C へ確実に転送するために、同期信号  $CK$  が同期信号出力端子 9 m を介して解析部 C へ供給され、また、中央処理部 9 a と解析部 C との間で種々の制御データ  $CD$  を、RS 232C 規格に準拠したインターフェース回路 9 n を介して授受するようになっている。

【0027】次に、解析部 C の構成を図 1 及び図 4 と共に説明する。まず、図 1 において、解析部 C は、種々の演算機能を有するマイクロプロセッサ 10 a を内蔵する画像処理部 10 と、画像処理部 10 に付随して接続されるマウス入力装置 11 とキーボード入力装置 12 及びカラーモニタ装置 13 を備えている。ここで、画像処理部 10 は、制御部 9 から転送されてくるデジタルの画素データ  $D_L$ 、 $D_H$  を入力すると共に、制御部 B 内のインターフェース回路 9 n に接続されるインターフェース回路 10 b を介して中央処理部 9 a との間で種々の制御データ  $CD$  を RS 232C 規格に準拠して授受し、更にタイミングジェネレータ 9 d からの同期信号  $CK$  を入力するようになっている。

【0028】更に画像処理部 10 の内部構成を図 4 に基づいて説明すると、制御部 B から転送されてくる所定個数ずつの画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) の配列を変更することにより、左右が反転した再生画像を得るための左

右反転画素データ  $D_L'$  (または  $D_H'$ ) を作成する画像反転部 10 c と、低速撮像モードにおいて画像反転部 10 c から出力される左右反転画素データ  $D_L'$  を 1 フレーム画相当分格納する画像メモリ 10 d と、高速撮像モードにおいて画像反転部 10 c から出力される左右反転画素データ  $D_H'$  を 1 フレーム画相当分格納する画像メモリ 10 e と、1 フレーム画相当分を格納した後にこれらの画像メモリ 10 d 及び 10 e から読み出されてくる左右反転画素データ  $D_L'$  及び  $D_H'$  を配列を崩すことなく画素単位で重畳加算してその加算画素データ ( $D_L' + D_H'$ ) を出力する加算回路 10 f と、加算回路 10 f からの各加算画素データ ( $D_L' + D_H'$ ) をビデオレートの映像信号  $V_D$  に変換してカラーモニタ装置 13 に供給する重畳表示制御部 10 g を備えている。

【0029】ここで、画像反転部 10 c は、図 5 に示すように、制御部 B から転送されていく画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) を 1 水平ライン分 (この実施例では、1018 個) ずつ格納して出力する 1 組のラインバッファ 10 c1 と 10 c2 を有し、各画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) の入力タイミング及び各左右反転画素データ  $D_L'$  または  $D_H'$  の出力タイミングが、低速撮像モードにおいては低速点順次タイミングに同期し、高速撮像モードにおいては高速点順次タイミングに同期している。即ち、ラインバッファ 10 c1、10 c2 は、同期信号  $CK$  に同期して動作することにより、低速撮像モードにおいては低速点順次タイミングに同期して、画素データ  $D_L$  を左右反転画素データ  $D_L'$  に配列変換し、高速撮像モードにおいては高速点順次タイミングに同期して、画素データ  $D_H$  を左右反転画素データ  $D_H'$  に配列変換する。更に、これらのラインバッファ 10 c1、10 c2 は、画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) を入力するときには、点順次読出しタイミングに同期して画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) を図中の矢印 R で示す方向に順次にシフトさせつつ入力することによって、1 水平ライン分の画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) を格納し、逆に出力するときには、図中の矢印 L で示す方向に順次にシフトさせつつ出力することにより、一旦格納した画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) を入力時とは逆の順番で出力する。したがって、このように出力される画素データ  $D_L'$  (または  $D_H'$ ) は、1 水平ラインにおいて、画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) の画素配列に対して左右が反転したデータとなる。

【0030】更に、上記の 1 水平読出し周期に同期して、一方のラインバッファ 10 c1 が入力動作するとき、他方のラインバッファ 10 c2 が出力動作して、夫々が上記の 1 水平読出し周期に同期して交互に切替わるようになっている。したがって、ラインバッファ 10 c1 が入力動作することによって 1 水平ライン分の画素データ  $D_L$  (または  $D_H$ ) の格納動作をしているときは、他方

のラインバッファ10aが、1水平読み出し周期前に格納した画素データD<sub>H</sub>（またはD<sub>H</sub>'）を矢印Lで示す方向から出力することによって左右反転画素データD<sub>L</sub>'（またはD<sub>H</sub>'）を画像メモリ10d（又は10e）へ出力し、逆に、ラインバッファ10aが入力動作することによって1水平ライン分の画素データD<sub>L</sub>（またはD<sub>H</sub>）の格納動作をしているときは、他方のラインバッファ10cが、1水平読み出し周期前に格納した画素データD<sub>L</sub>（またはD<sub>H</sub>）を矢印Lで示す方向から出力することによって左右反転画素データD<sub>L</sub>'（またはD<sub>H</sub>'）を画像メモリ10d（又は10e）へ出力し、そして、かかる左右反転処理を1水平読み出し周期毎に切替えつつ繰り返すので、例えば、図5（a）に示すような画素データD<sub>L</sub>（またはD<sub>H</sub>）が同図（b）に示すような左右反転画素データD<sub>L</sub>'（またはD<sub>H</sub>'）に変換されることとなる。そして、かかる左右反転処理は、CCD固体撮像デバイス2aの1水平読み出し周期及び画素単位の点順次走査読み出しのタイミングに同期してリアルタイムで行われることとなる。

【0031】更に、マウス入力装置11とキーボード入力装置12は、操作者が測定開始の指示や上記のしきい値電圧V<sub>TH</sub>の調整、その他システムの動作を制御するための入力装置として機能する。

【0032】次に、かかる構成の半導体検査システムの作動を図6に示すフローチャートに基づいて説明する。

【0033】まず、同図中のステップ(a)において、観測者は、半導体デバイスSのモールドパッケージの裏面部分を除去して半導体チップの基板側を鏡面研磨し、その半導体デバイスSをその裏面側が対物レンズ系4aに対向するようにしてテストフィクスチャ4cに装着する。

【0034】次に、ステップ(b)において、観測者はマウス入力装置11若しくはキーボード入力装置12を操作し、赤外落射照明装置5により半導体デバイスSを照明する。

【0035】次に、ステップ(c)において、冷却CCDカメラ2を高速撮像モードに設定すると、中央処理部9aが、1フレーム周期を0.125秒に設定すると共に、その1フレーム周期内の所定期間を露光期間としてシャッター駆動回路2eに指示する。そして、後述する高速撮像モードの停止がなされるまでは、各フレーム周期に同期して、シャッター機構2cが露光のための開閉動作を繰り返すと共に、CCD固体撮像デバイス2aが撮像動作を繰り返す。したがって、カラーモニタ13には、0.125秒毎の静止画像が逐次表示される。

【0036】1フレーム周期における撮像動作を代表して述べる。図2に示すように、半導体デバイスSの裏面側に照射される赤外線落射光が半導体チップの半導体基板を透過・反射し、この反射光像が撮像光学系4に入射する。そして、所定の露光時間の間、シャッター機構2c

が開状態となることにより冷却CCDカメラ2が反射光像を撮像する。即ち、半導体チップの表面側に形成されている回路パターンなどの像を裏面撮像する。更に、所定の露光時間経過後、CCD固体撮像デバイス2aは高速点順次タイミングに同期して各画素信号P<sub>H</sub>を出力し、各画素信号P<sub>H</sub>は、切り換え回路9gを介して高速走査回路9fでサンプリングされ且つコントラスト強調回路9hで雑音及びオフセット成分が除去され、更にA/D変換器9jでデジタルの画素データD<sub>H</sub>に変換される。

【0037】ここで、注目すべき点は、基板（チップ）がシリコン半導体で形成されている半導体デバイスSを観測する場合には、透過型光学フィルタ5cは半導体デバイスSと同材質のシリコンフィルタが用いられ、高感度撮像が可能となる。即ち、シリコンフィルタ5cの吸収端波長は、シリコンのバンドギャップエネルギー（約1.1eV）に相当する波長（約1100nm）であるので、この吸収端波長より短波長の光が除去され、それより長波長の赤外光が照明用に供され、一方、半導体デバイスSのシリコン半導体基板のバンドギャップエネルギーも約1.1eVであり、したがって、約1100nm以上の長波長の赤外光の透過率に優れている。そして、シリコンフィルタ5cを適用して生じた照明用の赤外光は、まさしくこのシリコン半導体の透過特性に合致した長波長のスペクトルを有するので、最適な高感度撮像を可能にする。また、照明用の赤外光は、約1100nmの波長を境にしてそれより短波長のスペクトル成分が除去され且つシリコン半導体に対して最適な透過率となるので、基板の研磨表面（裏面の表面）で反射する光が大幅に低減されることとなり、反射光像のほとんどが半導体チップの基板内を透過・反射してきた長波長の光によるものとなる。したがって、雑音及びオフセット成分の極めて少ない反射光像を得ることが可能となり、ひいては半導体チップに形成されている回路パターン等を鮮明に裏面撮像することができる。

【0038】そして、このようにして得られる画素データD<sub>H</sub>は、画像反転部10cにおいて、画素毎に左右の配列が反転された左右反転画素データD<sub>H</sub>'に変換されて、画像メモリ10eに一時記憶され、更に、画像メモリ10eからリアルタイムで左右反転画素データD<sub>H</sub>'が読み出され、且つ加算回路10f及び重畳表示制御部10gを介してカラーモニタ13に画像再生される。ここで、画像反転部10cに入力される画像データD<sub>H</sub>は、半導体デバイスSの半導体チップを裏側から見たときの回路パターン像などのデータであるので、左右反転画素データD<sub>H</sub>は、半導体デバイスSの半導体チップを表側から見たときの回路パターン像（通常の表面パターンの像）のデータとなり、カラーモニタ13に表示される再生画像は通常の表面パターンの静止画像となる。

【0039】そして、観測者がカラーモニタ13に逐次



表示される画像（見掛け上、駒落としの画像となる）を見ながら電動XYZステージ3をXY方向に移動させることにより、半導体デバイスSの観測すべき部分を特定することができ、また、電動XYZステージ3をZ方向に高さ調節することによって合焦状態を設定することができる。また、コントラスト強調回路9hのしきい値電圧 $V_{th}$ を適宜に調節することによって、雑音やオフセット成分を除去した鮮明画像を設定することができる。

【0040】次に、図6のステップ(d)において、異常解析の開始を指示すると、画像メモリ10eがその指示直前までに記憶していた1フレーム画分の左右反転画素データ $D_{ll}'$ を保持し、高速撮像モードが停止されると同時に低速撮像モードに切換わる。この低速撮像モードでは、中央処理部9aがハロゲンランプ5aを消灯させることで赤外落射照明装置5の照明動作を停止させ（ステップ(e)）、テストフィクスチャ7が半導体デバイスSに動作電圧の印加や動作タイミングクロック等の所定の信号の印加を開始する（ステップ(f)）。更に、中央処理部9aが、1フレーム周期を4秒に設定すると共に、その1フレーム周期内の所定期間を露光期間としてシャッター駆動回路2eに指示する。尚、低速撮像モードでの露光期間は、高速撮像モードでのそれよりも長時間であり、低速点順次タイミングの各周期も高速撮像モードでのそれよりも長時間となる。即ち、CCD固体撮像デバイス2aの各画素に生じる画素信号は、高速撮像モード時よりも低速で読み出される。

【0041】次に、ステップ(g)において、CCD固体撮像デバイス2aは、低速撮像モードでの撮像を開始する。そして、低速撮像モードの停止がなされるまでは、各フレーム周期に同期して、シャッター機構2cが露光のための開閉動作を繰り返すと共に、CCD固体撮像デバイス2aが撮像動作を繰り返す。したがって、カラーモニタ13には、4秒毎の静止画像が逐次表示される。

【0042】1フレーム周期における撮像動作を代表して述べるものとする。半導体デバイスSの半導体チップに何等かの異常発生箇所が存在すると、その箇所から極微弱光が発生するので、CCD固体撮像デバイス2aは露光期間においてこの極微弱光の像を撮像することとなる。また、低速撮像モードによる長期間露光が実現されるので、極微弱光の像が鮮明に撮像される。そして、所定の露光時間経過後、CCD固体撮像デバイス2aは低速点順次タイミングに同期して各画素信号 $P_L$ を出力し、各画素信号 $P_L$ は、切り換え回路9gを介して低速走査回路9eでサンプリングされ、更にA/D変換器9iでデジタルの画素データ $D_L$ に変換される。

【0043】ここで、注目すべき点は、低速走査回路9eが低速点順次タイミングに同期した低速度で各画素信号 $P_L$ をサンプルホールドするので、サンプルホールドにおける高周波のスイッチングノイズなどの発生を大幅に抑制することができ、高S/Nの画素信号 $P_L'$ を得

ることができる。

【0044】そして、このように得られた画素データ $D_L$ は、画像反転部10cにおいて画素に対して左右の配列が反転された左右反転画素データ $D_{ll}'$ に変換されて、画像メモリ10dに記憶される。尚、図5に示すように、左右反転画素データ $D_{ll}'$ は半導体デバイスSの半導体チップを表側から見たのと等価なデータとなる。

【0045】更に、画像メモリ10eは、左右反転画素データ $D_{ll}'$ を格納すると同時に左右反転画素データ $D_{ll}'$ を出力し、画像メモリ10dも、左右反転画素データ $D_{ll}'$ の画素に対応する左右反転画素データ $D_{ll}'$ を出力する。したがって、各画素に対応する左右反転画素データ $D_{ll}'$ と左右反転画素データ $D_{ll}'$ が低速点順次タイミングに同期して同時に加算回路10fへ供給され、加算回路10fは重畳加算画素データ（ $D_{ll}' + D_{ll}'$ ）を出力し、重畳表示制御部10gが重畳加算画素データ（ $D_{ll}' + D_{ll}'$ ）に基づいてビデオ信号を形成する。この結果、カラーモニタ13には、半導体デバイスSの回路パターンなどの像に異常発生箇所を示す極微弱光の像がいわゆるスーパーインポーズされて、4秒毎に切換わる静止画像が表示されることとなる。

【0046】そして、観測者が異常解析の停止を指示すると、その指示直前までに画像メモリ10d及び10eに記憶された夫々の1フレーム画分の左右反転画素データ $D_{ll}'$ と左右反転画素データ $D_{ll}'$ が保持され、この保持された左右反転画素データ $D_{ll}'$ と左右反転画素データ $D_{ll}'$ による静止画像がカラーモニタ13に継続して表示される。

【0047】このように、この実施例によれば、観測者はカラーモニタ13の表示を見ながら容易に異常発生箇所を観察することができる。

【0048】尚、この実施例では、シリコン半導体から成る半導体デバイスを測定するために、シリコンフィルタを光学フィルタ5cに適用した場合を述べたが、本発明はこれに限定されるものではなく、測定すべき半導体デバイスと同材質の光学フィルタ5cを適用する全ての場合を含むものである。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、測定すべき半導体デバイスをその裏面から撮像すると共に、パターン像と異常発生箇所からの極微弱光の像を撮像し、表面から観測した像としてスーパーインポーズ表示するため、表面側にA1配線のような光を遮蔽する物体が存在していても、異常発生箇所の特定を可能にする。更に、極微弱光の像を表面から観測した像にリアルタイムで変換して表示するので、異常発生解析を短時間に行うことができる。更に、測定すべき半導体デバイスと同材質からなる光学フィルタを適用して照明用の赤外光を形成するようにしたので、その半導体デバイスに対して透過率の高い赤外光が得られ、半導体デバイスの表面で反射し

易い短波長の光が遮断される結果、雑音成分やオフセット成分の少ない鮮明な反射光像を撮像することができる。

【0050】更に、かかる光学フィルタを適用することによって、このように、半導体デバイスの異常発生解析等を高速で行うことができると共に、操作性に優れ且つ測定精度に優れた半導体検査システムを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体検査システムの一実施例の全体構成を示すブロック図である。

【図2】一実施例中の撮像光学系と赤外線落射照明装置の構成を詳細に示すブロック図である。

【図3】一実施例中の冷却CCDカメラと制御部の構成を詳細に示すブロック図である。

【図4】一実施例中の解析部の構成を詳細に示すブロック図である。

【図5】解析部内の画像反転部の構成及び機能を説明するための説明図である。

【図6】一実施例の作動を説明するためのフローチャートである。

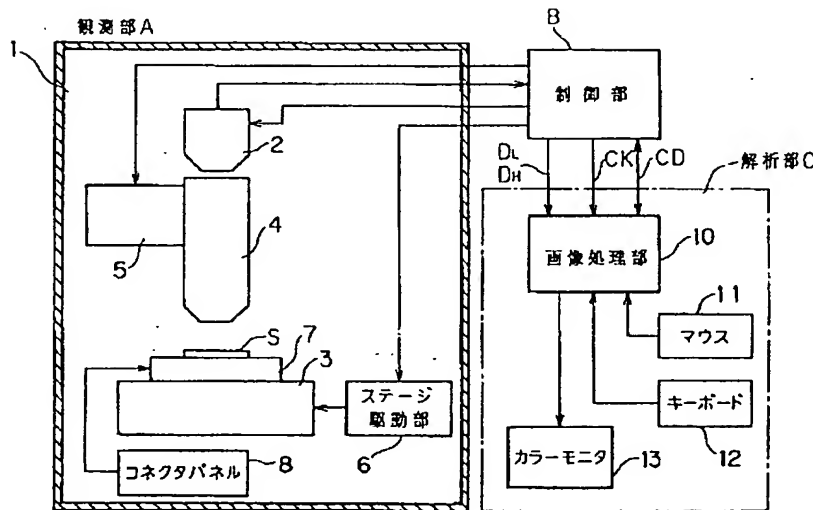
【図7】従来のエミッション顕微鏡を適用した場合の問題点を説明するための説明図である。

【図8】従来のエミッション顕微鏡を適用した場合の他の問題点を説明するための説明図である。

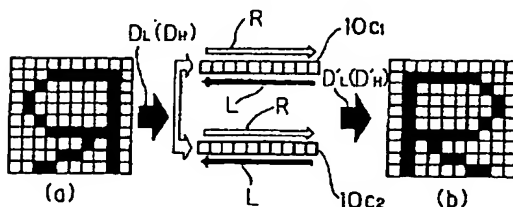
#### 【符号の説明】

A…観測部、B…制御部、C…解析部、1…暗箱、2…冷却CCDカメラ、2a…CCD固体撮像デバイス、2b…ペルチェ素子、2c…シャッタ機構、2d…CCD駆動回路、2e…シャッタ駆動回路、3…電動XYZステージ、4…撮像光学系、4a…対物レンズ系、4b…結像レンズ系、4c…ハーフミラー、5…赤外線落射照明装置、5a…ハロゲンランプ、5c…光学フィルタ、9e…低速走査回路、9f…高速走査回路、9h…コントラスト強調回路、10…画像処理部、10c…画像反転部、10c1、10c2…シフトレジスタ、10d、10e…画像メモリ、10f…加算回路、10g…重畳表示制御部、13…カラーモニタ。

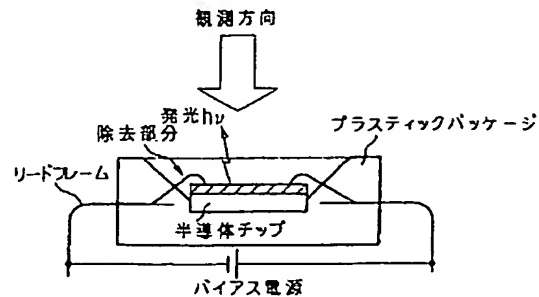
【図1】



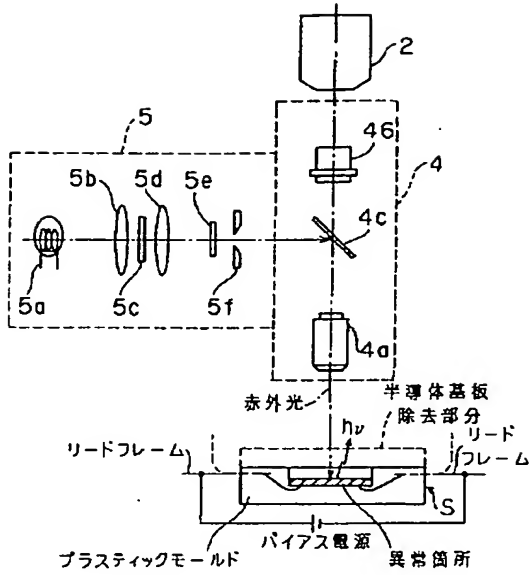
【図5】



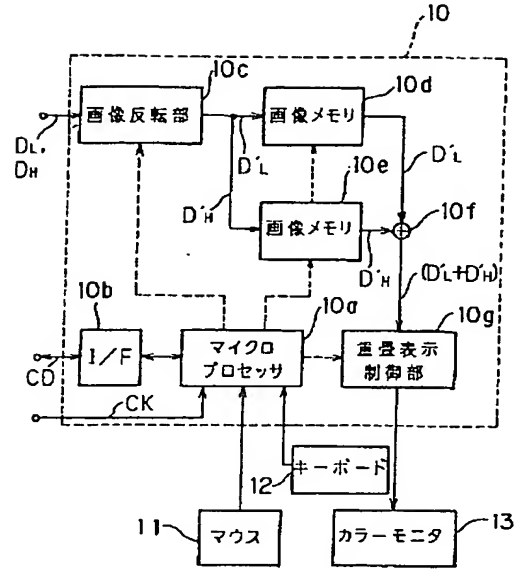
【図8】



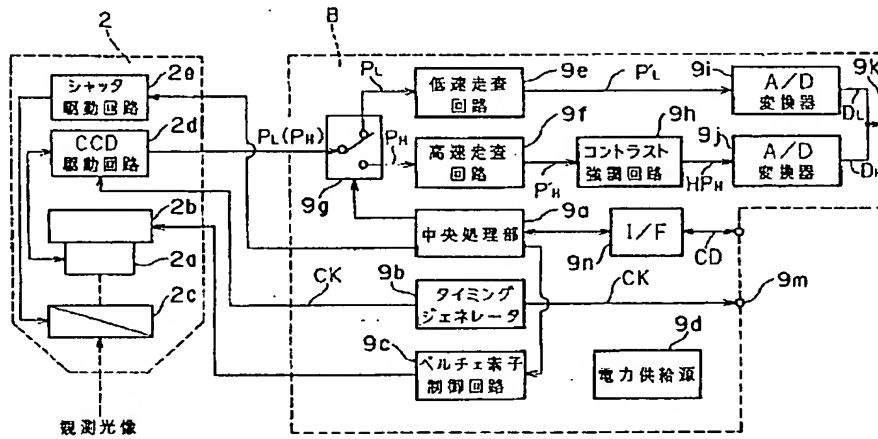
【図 2】



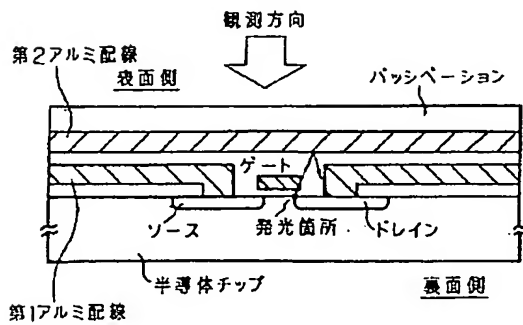
【図 4】



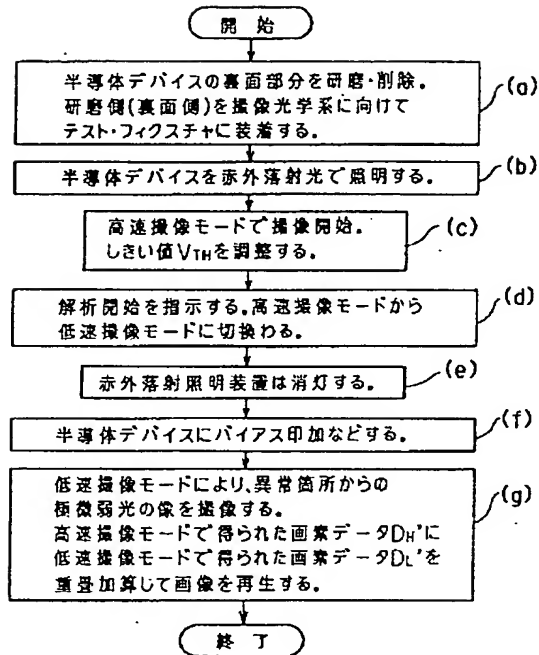
【図 3】



【図 7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 永田 渉  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 豊馬 靖  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内